

ENSAYO Y CALCULO TERMICO DE UN BIO-DIGESTOR CALEFACCIONADO CON ENERGIA SOLAR

J.R. Sequi, A. Iriarte* y C. Rodriguez
INENCO-Unidad de Investigación Catamarca
Facultad de Ciencias Agrarias - UNCa.
C.C. 189 - 4700 Catamarca

RESUMEN

La biodigestión anaeróbica es muy exigente en cuanto a la temperatura de la masa orgánica. Numerosos trabajos han demostrado que cuando se trabaja a temperaturas cercanas a 35°C se obtiene la máxima eficiencia de producción de gas.

Esto suele dificultar al trabajo con digestores a campo, que recién en su producción especialmente en invierno o cuando las características climáticas de la región son de bajas temperaturas.

Este trabajo muestra un diseño de biodigestor calefaccionado con un sistema pasivo de calefacción solar, del tipo muro-Trombe.

Simultáneamente, aprovechando un método para simular el comportamiento térmico de edificios (SIMEDIF), se lo adecuó convenientemente, en especial en la entrada de datos al programa para simulación térmica de digestores. Con ello se pudo comparar y ajustar las características del programa de simulación numérica con las condiciones reales de trabajo del equipo productor de gas.

I. CONSIDERACIONES GENERALES

El gas metano, es el producto de una serie de degradaciones donde están comprometidos diferentes grupos bacterianos con capacidad para romper las grandes moléculas orgánicas, hasta alcanzar el producto combustible, mezclado en porcentajes variables con otros gases como el dióxido de carbono y el sulfuro de hidrógeno.

Como ocurre con la mayoría de las actividades biológicas, la temperatura juega un rol importante, independiente de los rangos óptimos que exige cada caso particular.

Numerosas investigaciones han coincidido en afirmar que la digestión anaeróbica de la mayoría de las sustancias orgánicas tienen su máxima eficiencia cuando los grupos bacterianos trabajan a una temperatura cercana a los 35°C. (bacterias mesofílicas). Otros grupos en cambio, alcanzan su máxima eficiencia en valores cercanos a los 55°C, (bacterias termofílicas).

A medida que la temperatura se aleja de esos valores óptimos, la producción de gas desciende por debajo de 15 °C. Esto motiva que muchas regiones que poseen una temperatura media anual baja tengan

* Miembro de la Carrera de Investigador del CONICET

- Convenio UNCa. - UNSa. - CONICET

** Financiado por SECYT.

tengan dificultades en el rendimiento acentuándose este problema en los meses de invierno. Por esta razón, muchos digestores se calefaccionan para lograr este rango de temperatura adecuada.

La mayoría quema un porcentaje (aprox. 30%) del biogas que producen. Otros han incorporado sistemas activos de circulación de agua calentada con colectores solares, usando serpentinas para el intercambio de calor.

Este trabajo muestra un diseño de calefacción solar donde el mismo digestor se transforma en colector a través de una de sus paredes. Esto significa la incorporación de nuevos parámetros que deben ser tenidos en cuenta como elementos condicionantes del diseño, es decir, a los parámetros tradicionales necesarios para configurar el recinto productor de gas, ahora se le suman aquellos que influyen directamente sobre el comportamiento térmico del sistema.

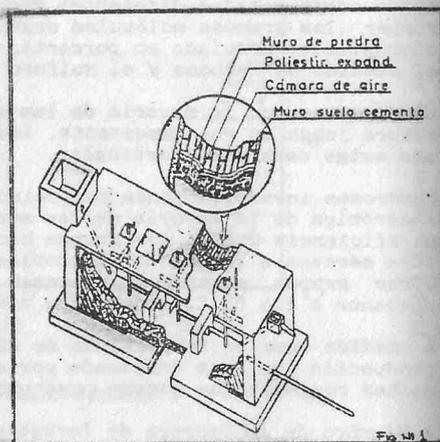
Por ello es útil contar con un método de cálculo que permita simular teóricamente por computadora el comportamiento térmico de cada diseño concebido, provocando a voluntad situaciones desfavorables a fin de evaluar la respuesta de los mismos y ajustar los parámetros de diseño hasta lograr la configuración más adecuada.

Aprovechando un método para simular el comportamiento térmico de edificios (SIMEDIF) desarrollado por el Instituto de Energía no Convencional de Salta (INENCO) se trabajó con el mismo para adecuarlo a este nuevo requerimiento. Esto permitió comparar la respuesta térmica del digestor sometido a condiciones reales de trabajo con el comportamiento teórico simulado con computadora.

II. DISEÑO DEL DIGESTOR

En un trabajo anterior (1) se describió detalladamente el diseño y las técnicas constructivas del digestor.

El mismo tiene forma prismática rectangular con una capacidad total de 4,74 m³ incluyendo la cámara de gas. Las paredes, construidas totalmente de piedra, presentan las siguientes dimensiones: 4,30 m de largo, por 1,60 m de alto por 0,30 m de espesor y 0,80 m por 1,60 m x 0,30 m en los extremos. Una de sus caras mayores, orientada hacia el norte, constituye el muro Trombe-Michel modificado que hace las veces de colector. (Fig. No 1). Este consiste en un muro pintado de negro mate cubierto por una superficie vidriada, con vidrio tipo doble común de 3 mm de espesor y separada 5 cm del muro. Para su construcción se seleccionó una piedra de mayor tamaño, preferentemente del ancho del muro y con la cara externa lo



más plana posible, mientras que las otras paredes se construyeron de piedra bola común.

Las tres paredes restantes fueron convenientemente aisladas para evitar las pérdidas de calor. Se adosó a las mismas una plancha de poliestireno expandido de 5 cm de espesor, luego se dejó una cámara de aire del mismo espesor y finalmente una pared de 0,30 m de suelo cemento sobre la que se apoya un terraplén.

El techo está constituido por una losa de hormigón armado de 0,12 de espesor que se extiende hasta las paredes periféricas de suelo cemento. Se practicaron cuatro aberturas, tres de ellas de 0,20 x 0,20 m para fijar los mezcladores, y una de 0,50 m x 0,50 m de acceso al interior del recinto, donde se han colocado tapas, confeccionadas en chapa de hierro de 5 mm de espesor recubiertas por una plancha de poliestireno expandido de 5 cm de espesor.

El interior del digestor, está estucado con cemento y cubierto de pintura impermeabilizante para impedir las filtraciones.

III. ENSAYO DE CALEFACCION

A modo de caserita podemos decir que el primer ensayo se puso en marcha en el mes de Julio de 1988.

En esta oportunidad el digestor se cargó con un masa líquida de 4.000 litros a una temperatura inicial de 12 °C. Sin embargo el ensayo debió suspenderse a los dos días de iniciado, en razón de una pérdida de líquido originada entre el muro Trombe y el piso, obligando a picar el estucado interno, realizar una garganta de cemento sobre las aristas interiores y pintar nuevamente con un impermeabilizante de mayor elasticidad como es el NEOPRENO.

El ensayo se inició nuevamente en Octubre. La temperatura de la masa líquida se determinó mediante seis termocuplas tipo cobre constantan distribuidas desde la parte frontal hacia atrás. Otras seis se distribuyeron en el muro Trombe colector, a 5 cm aproximadamente de la superficie anterior y posterior, y ubicadas a distintas alturas. Se distribuyeron también termocuplas en las paredes laterales y el piso.

Con el fin de acortar el tiempo de calentamiento de la masa, se adosó una pantalla reflectora que incorpora una mayor cantidad de radiación, ya que para esta época del año la radiación sobre muro vertical no es la más favorable.

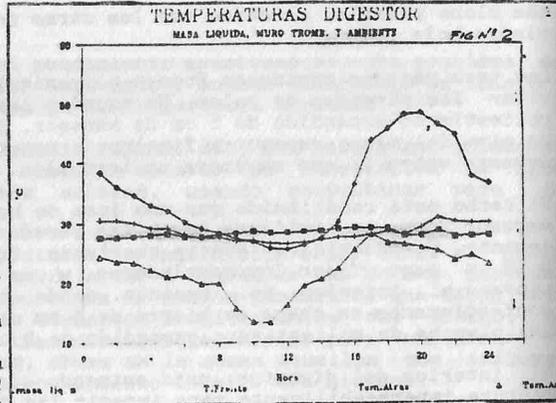
Las mediciones se realizaron con un medidor con 60 canales de salida, registrándose las temperaturas del digestor, la temperatura ambiente y la radiación tanto horizontal como vertical. Esta última fue tomada directamente sobre el muro colector para medir el aporte de la pantalla y fuera del muro a los fines de evaluar las ganancias.

El promedio de la temperatura de la masa líquida a la hora de iniciarse el ensayo (alrededor de las 9 horas) era de 22,3 °C medida por las seis termocuplas; las diferencias entre ellas no fue significativa y no alcanzaba a $\pm 0,50^\circ\text{C}$ respecto de la media. A las 11 hs del día siguiente, con excelentes niveles de radiación y temperatura ambiente (30°C), la temperatura de la masa líquida alcanzó

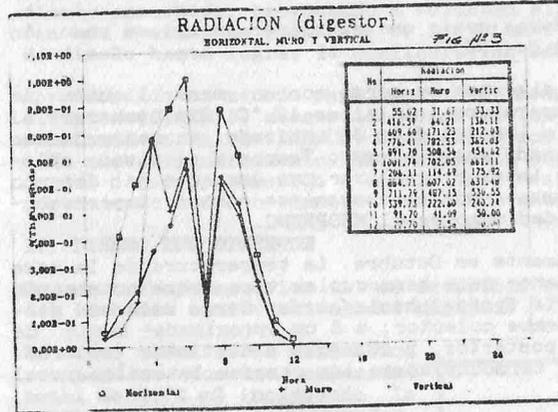
los 27°C.

La figura N° 2 muestra la variación de la temperatura, 24 hs después de su estabilización (21 hs), del muro colector (cara expuesta e interior), masa líquida y del ambiente.

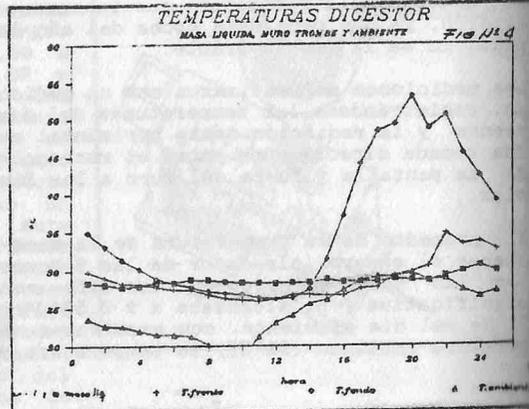
La temperatura de la masa líquida tiene un aumento suave y paulatino, ideal para la adaptación de las bacterias encargadas de la degradación anaeróbica. La figura N° 3 muestra los valores de radiación para ese día.



La figura N° 4 presenta las curvas de temperatura correlojente a las 24 horas siguientes, observándose una gran similitud con la figura N° 2. La figura N° 5 muestra la evolución de lo ocurrido con la temperatura 72 horas después de iniciado el ensayo, observándose que la temperatura de la masa líquida logra un incremento mayor que durante los días anteriores pero sin ser un salto significativo. Ello se debe a un mejor nivel de radiación (Fig. N° 6) y a un aumento en los valores de la temperatura ambiente.



Si se analiza la temperatura de la masa líquida en relación con la radiación global diaria, se observa que el sistema puede ajustarse con un modelo térmico sencillo donde las temperaturas siguen una ley exponencial, siempre que la radiación se mantenga aproximadamente constante en cada día. Esto significa que, de acuerdo con los incrementos diarios



de temperatura, el sistema puede alcanzar el régimen permanente en un periodo de 10 días.

La cantidad de calor que se incorpora a la masa líquida en función de la radiación que alcanza el muro, en un periodo de 24 horas, se calcula con

$$Q = \frac{R_v \cdot A}{m \cdot 4.190} \times 100$$

Rv=Radiación vertical total
A = Area de colección
m = Masa líquida

En nuestro caso teniendo en cuenta que una parte de la radiación que incide sobre la pantalla reflectora no llega al muro (primeras horas de la mañana, últimas de la tarde) los valores de eficiencia calculados son cercanos al 20%, considerado normal para este tipo de colector

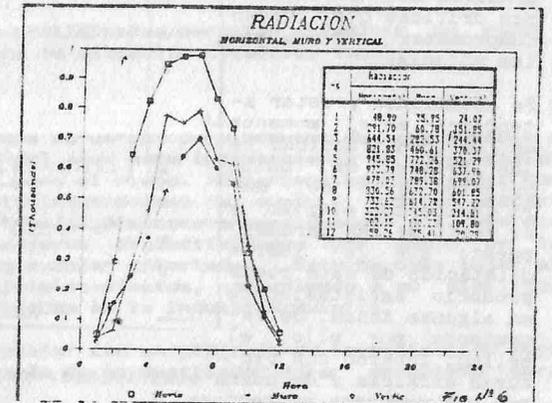
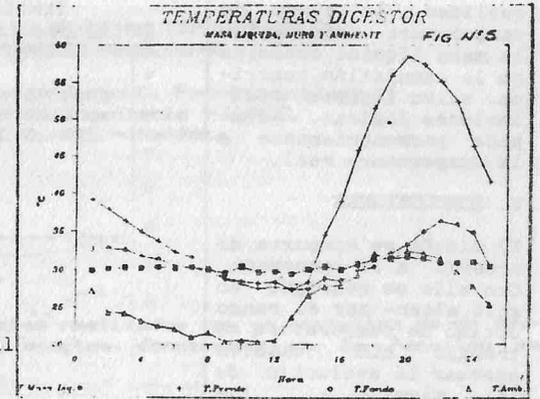
V SIMULACION NUMERICA

El ensayo condiciones reales se aprovechó para ajustar el método (SIMEDIF - INENCO) a la simulación térmica de biodigestores

Se consideró el conjunto dividido en una serie de locales, algunos reales otros imaginarios, a los fines del cálculo. Estos últimos se individualizaron en el seno de la masa líquida creando espacios internos de volumen mínimo, rodeados por muros de agua. Ajustando los coeficientes convectivos convenientemente, el programa minimiza la influencia de los locales de referencia pudiéndose considerar la masa líquida como un muro de agua único.

Incorporando los datos de radiación sobre el muro vertical, la temperatura ambiente máxima y mínima, la temperatura media correspondiente y la época del año a considerar, se puede conocer la evolución de la temperatura de la masa líquida para el diseño específico que se analiza.

Las figuras N° 7 y 8 se corresponden con las curvas de temperaturas reales (Figs. N° 4 y 5). Como los datos ingresados respondieron a la



realidad, la curva de temperatura teórica de la masa líquida obtenida de la simulación numérica, salvo ligeras oscilaciones lógicas, acompaña permanentemente a la temperatura real.

V. CONCLUSIONES

El diseño se comporta de acuerdo a lo esperado. Con ello se consigue no solo alcanzar el rango óptimo de temperatura de trabajo sino también adecuar la evolución de la misma a los requerimientos de la flora bacteriana, con aumentos suaves y progresivos sin oscilaciones críticas que puedan comprometer la vida de las colonias.

Se recomienda prestar atención, en el momento de la construcción, a las aristas de unión principalmente del muro Trombe con el piso y el resto de las paredes, puesto que la fuerte dilatación de éste puede producir agrietamientos en algunas zonas. Se recomienda por ello el sellado interno con pinturas atóxicas y de buena elasticidad, en capas sucesivas hasta formar una membrana protectora.

REFERENCIAS

- 1.- J.R. Sequi, A. Iriarte y otros. Biodigestor calefaccionado para calentamiento de parideras porcinas. XII Reunión de Trabajos de ASADES, Buenos Aires 1987.

